



Klassierung:

21 a<sup>4</sup>, 71

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Gesuch eingereicht: 12. Dezember 1956, 18½ Uhr  
Priorität: USA, 12. Dezember 1955  
Patent eingetragen: 15. Juli 1961  
Patentschrift veröffentlicht: 31. August 1961

## HAUPTPATENT

General Mills, Inc., Minneapolis (Minn., USA)

## Radar-Prüfeinrichtung

Robert C. Huntington, Phoenix (Ariz., USA), ist als Erfinder genannt worden

Diese Erfindung betrifft eine Radarprüfeinrichtung, bestehend aus einer Empfänger- und Senderkombination, die als Relaisstation arbeitet und eine einstellbare Pulsverzögerung ermöglicht, um eine scheinbare Meßdistanz zu erzeugen.

Die Radarprüfeinrichtung nach dieser Erfindung ist gekennzeichnet durch Mittel, um von empfangenen Radarpulsen ein Signal abzuleiten, das deren Spitzenwert proportional ist, und das gewonnene Signal mit einem festen Bezugssignal in solcher Weise zu vergleichen, daß nur dann ein Ausgangssignal erzeugt wird, wenn die empfangenen Pulse mit ihren Spitzenwerten eine vorbestimmte GröÙe überschreiten, und durch Mittel, um nach der gewollten Zeitverzögerung von dem Ausgangssignal einen Übertragungspuls von vorbestimmtem festem Wert abzuleiten.

Ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes ist in der Zeichnung veranschaulicht. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schema der Einrichtung bei tatsächlichem Gebrauch,

Fig. 2 die Einrichtung im Blockdiagramm und

Fig. 3—5 zum Klystron-Abstimmkreis gehörige Kurven.

Die Anordnung nach Fig. 1 gibt eine allgemeine Idee über die Verwendung der Radarprüfeinrichtung 10, die von einer Stromquelle 12 aus mit Kraft versorgt wird. Die Einrichtung 10 befindet sich vor einem parkierten Flugzeug 14 gerade außerhalb der Fresnelzone einer in der Flugzeugnase montierten Radaranlage 16. Zwischen der Radarprüfeinrichtung und dem parkierten Flugzeug 14 befindet sich eine Mikrowellen absorbierende Schranke 18 zum Ausschalten aller Bodenreflexionen, so daß die Prüfeinrichtung 10 nur ein direktes Signal von der Radaranlage 16 empfängt. Zum Ausführen der Prüfung werden zwei Techniker benötigt, der eine ist in

dem Flugzeug 14 und der andere an der Radarprüfeinrichtung 10 stationiert. Diese beiden Techniker stehen über eine Feldtelephonanlage 20 in konstanter Verbindung miteinander.

Nach der Anordnung der Fig. 2 weist die Radarprüfeinrichtung 10 eine Antenne 22 auf zum Empfang eines durch die Radaranlage 16 (Fig. 1) übertragenen Radarimpulssignals. Die Antenne 22 führt ihr Signal direkt einem mit einem Ausgleichsmischer 26 gekoppelten Dämpfer 24 zu. Der Mischer 26 ist eine Standardausführung von hybrider T-Bauweise oder von Kurzschlitzbauweise. Nach der Dämpfung wird das Radarimpulssignal mit modulierten Trägerwellen aus einem weiter unten beschriebenen automatischen, frequenzgesteuerten Schwebungsschwingungskreis gemischt. Die Frequenz des Schwebungsschwingungsgenerators ist so gewählt, daß die AusgangsgröÙe des Mixers 26 einen 40-Megahertz-Zwischenfrequenzimpuls oder, genauer ausgedrückt, eine Reihe solcher Impulse darstellt, die einem Zwischenfrequenzverstärker 28 mit stabiler Verstärkung zugeführt werden.

Die AusgangsgröÙe des Vorverstärkers 28 wird, was die Schaltung der Radarprüfeinrichtung betrifft, in zwei Richtungen kanalisiert. Hier soll der eine Weg behandelt werden, der über einen geeichten, veränderlichen Dämpfer 30 führt, dessen Funktionen weiter unten beschrieben sind. Es genügt hier, zu wissen, daß die AusgangsgröÙe des Dämpfers 30 einem zweiten Zwischenfrequenz-Verstärkerstreifen 32 mit stabiler Verstärkung zugeführt wird. Die beiden Verstärker 28, 32 sind bekannte Verstärker mit gestaffelter Abstimmung und zusätzlicher Verstärkungsstabilität, die mittels einer speziellen, die Anoden- und Schirmgitterspannung zwecks Ausgleichs von Änderungen der Heizspannungen steuernden Kraftquelle herbeigeführt wird. Das Signal gelangt dann in einen Demodulator 34, dessen Aus-

gang ein Impuls von einer Breite gleich derjenigen des Radarsignalimpulses und von einer der Spitze des empfangenen Radarsignals proportionalen Amplitude ist.

5 In erster Linie handelt es sich hier um die Amplitude des vom Demodulator 34 erzeugten Impulses. Die Amplitude dieses Demodulatorbildimpulses muß mit einer zum voraus festgesetzten, bekannten Bezugsspannung verglichen werden. Um dies auszuführen, wird der Bildimpuls einer Schaltung 36 für  
10 Amplitudenvergleich zugeführt, die eine Amplituden-Diskriminatorschaltung ist, in der die vom Demodulator erhaltenen Eingangsbildimpulse durch Rückkopplung einen großen Ausgangsimpuls erzeugen,  
15 wenn — und nur wenn — die Amplitude des Eingangsimpulses die feste Bezugsspannung überschreitet. Die Diskriminatorschwelle liegt natürlich innerhalb der Linearoperation der Zwischenfrequenzverstärker 28 und 32.

20 Wie oben angegeben, soll der Bildausgangsimpuls vom Demodulator 34 mit einer Bezugsspannung verglichen werden, und die Stromquelle für letztere ist mit 38 bezeichnet. Der Wert dieser Bezugsspannung, die eine Gleichspannung ist, kann aus schaltungskonstruktiven Überlegungen heraus veränderlich sein.  
25 Beim vorliegenden Fall liegt diese Spannung aber bei 1—1,5 Volt. Unter der Annahme von 1,5 Volt funktioniert nun der Amplitudenvergleichskreis so, daß er seinen Ausgangsimpuls nur dann hervorbringt, wenn  
30 die Eingangsimpulsamplitude diese 1,5-Volt-Bezugsspannung überschreitet. Daher steht bei Demodulatorimpulsen, die größer sind als die Bezugsspannung, der Amplitudenvergleichskreis-Impulsausgang zur weiteren Verwertung zur Verfügung.

35 Der vom Amplitudenvergleichskreis erzeugte Ausgangsimpuls wird einem veränderlichen elektronischen Verzögerungskreis 40 zugeführt, der aus einem Univibrator, einem Miller-Integrator und einem zweiten Amplitudenvergleichskreis besteht. Über die veränderliche Natur dieses Kreises 40 soll weiteres  
40 gesagt werden, doch ist im Augenblick von Interesse zu bemerken, daß die von diesem Kreis eingeführte Verzögerung genau gesteuert wird, so daß sie die Entfernung eines Ziels darstellt oder simuliert. Der  
45 verzögerte Ausgangsimpuls aus dem Kreis 40 wird einem Sperroszillator 42 zugeführt, der imstande ist, einen Impuls von einer Zeitdauer zu erzeugen, die derjenigen des ursprünglich empfangenen Radarimpulses entspricht.

50 Der vom Sperroszillator 42 erzeugte Impuls dient zwei Zwecken, von denen nachstehend der erste erwähnt wird. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß der Ausgangsimpuls aus dem Oszillator 42 dem Gitter der Gasröhre 44, z. B. eines Thyratrons, zugeleitet wird, die mit einer Gasröhrenanzeigelampe 45, z. B. einer gewöhnlichen Neonröhre, verbunden ist. Der Sperroszillator-Impulsausgang weist  
35 eine Zeitdauer von etwa einer Mikrosekunde auf und die Funktion des Thyratrons 44 besteht darin, die  
60 Zeit, während der die Anzeigelampe 45 leitend ist,

über diese außerordentlich kleine Zeitperiode hinaus auszudehnen, so daß die Lampe 45 dem menschlichen Auge sichtbar wird. Die spezifische Art und Weise, in der die Anzeigelampe verwendet wird, erhellt am besten im Zusammenhang mit einer typischen Betriebsfolge. Die von dieser Lampe gespielte  
65 Rolle wird weiter unten näher beschrieben.

Wie oben erwähnt, erzeugt der Sperroszillator 42 einen Ausgangsimpuls von vorgeschriebener Dauer, dessen zweiter Zweck nun beschrieben ist. Dieser  
70 Impuls wird nicht nur der Thyratronröhre 44, sondern auch einem Oszillator 46 zugeführt, der einen 40-Megahertzimpuls mit vorgeschriebener Impulsdauer liefern soll, der dem vom Sperroszillator erhaltenen Triggerimpuls entspringt. Dieser Impuls vom  
75 Oszillator 46 wird einem abgeglichenen Modulator 48 zugeführt, der mit der bereits erwähnten, aber noch nicht beschriebenen Oszillatorschaltung gekoppelt ist. Der abgegliche Modulator, wie der Mischer 25, kann von der hybriden T-Bauart oder der Kurzschlitzbauart sein.  
80

Ein Ziel der Erfindung ist das Messen der in die zu prüfende Radaranlage zurück übertragenen Leistung. Zu diesem Zweck wird ein Kristallstromüberwachungs-Mikroamperemeter 50 verwendet, das den  
85 Strom in der aus dem abgeglichenen Modulator 48 austretenden Mikrowellenenergie angibt. Mit dem Modulator 48 ist auch ein geeichter veränderlicher Dämpfer 52 gekoppelt, der die Mikrowellenenergie an einen Ferritisolator 54 weitergibt, der seinerseits  
90 an eine Sendeantenne 56 angeschlossen ist. Der Isolator 54 soll die auf die Radaranlage 16 zu übertragende Energie auf die Antenne 56 leiten, gleichzeitig aber dafür sorgen, daß diese Antenne nur für  
95 Sendezwecke benützt wird und keine von der Radaranlage 16 ausgesandten Signale aufnimmt. Natürlich soll von der Anlage 16 übertragene Energie von der Antenne 22 und nicht von der Sendeantenne 56 aufgenommen werden, da im gegenteiligen Fall das  
100 System in einem solchen Ausmaß gestört würde, daß es nicht mehr richtig funktionieren würde. Anders ausgedrückt, der Isolator ist einseitig gerichtet.

Die Erfindung soll nicht nur verschiedene Zielweiten, sondern auch ein Entfernungsverhältnis eines Ziels simulieren. Es ist dabei, wie schon kurz erwähnt, wichtig, für den Kreis 40 eine kontrollierbare veränderliche Verzögerung vorzusehen, so daß  
105 übertragene Impulse nach einer vorbestimmten Zeit wieder in die Radaranlage 16 zurück gelangen, um so eine bestimmte Entfernung eines Ziels vorzutäuschen. Um aber das Entfernungsverhältnis eines Ziels zu simulieren, muß diese Verzögerung gleichmäßig  
110 verändert werden können. Die Vorspannung des im veränderlichen Verzögerungskreis 40 liegenden Amplitudenvergleichskreises wird nach einem vorbestimmten Plan verändert. Zu diesem Zweck wird ein  
115 Potentiometer 58 verwendet, dessen Abgreifer auf vorgeschriebene Weise angetrieben wird. Eine Quelle 60 beliefert das Potentiometer 58 mit einer regulierten Gleichspannung. Der Abgreifer wird über einen  
120

Geschwindigkeitswandler 64 von einem Motor 62 konstanter Drehzahl angetrieben. Der Wandler 64 kann verschieden gebaut sein, z. B. in der Form eines mit Kugel und Scheibe arbeitenden Integrators. Verschiedene Zielweitengeschwindigkeiten können durch Einstellen des Wandlers 64 auf einen Wert gewählt werden, der zwischen 400 und 1100 km pro Stunde liegt. Um dies zu bewerkstelligen, ist eine Meßskala 66 mit geeigneter Justierung an den Geschwindigkeitswandler 64 so angeschlossen, daß der Operateur die spezielle, für die zu prüfende Radaranlage 16 gewünschte Geschwindigkeit auswählen kann. Weiter ist es wünschenswert, wie schon erwähnt, den Entfernungsbereich anzugeben, der während des ganzen Prüfungsvorganges benützt wird, und daher ist ein Zähler 68 mechanisch mit der Abgreiferwelle des Potentiometers gekuppelt, der die Abgreiferstellung abliest, die den speziellen Bereich angibt. Ist also keine Geschwindigkeitsänderung vorhanden, da der Wandler 64 nicht betätigt wird, so bleibt der Abgreifer stationär, und die Zielweite wird durch die spezielle Stellung des Abgreiferarmes des Potentiometers 58 bestimmt. Wird eine Geschwindigkeit zu simulieren gewünscht, dann bewegt natürlich der Wandler 64 den Potentiometerabgreiferarm mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit, um so die tatsächliche Bewegung eines Ziels nachzuahmen.

Soll die Prüfeinrichtung eine Leistungsbewertung verschiedener einzelner Radaranlagen ausführen können, so muß sie innerhalb praktischer Grenzen über den bei den verschiedenen zu prüfenden Radarausrüstungen zu erwartenden Frequenzbereich linear ansprechen. Weiter muß sie bei einer bestimmten Frequenz in bezug auf diejenige der geprüften Radareinrichtung arbeiten. Dies geschieht mittels der nachstehend beschriebenen Abstimm- und automatischen Frequenzkontrollschaltung.

Wie bereits erwähnt, erzeugt der abgegliche Mischer 26 über den Zwischenfrequenzverstärker 28 mit stabiler Verstärkung Impulse, die zwei Wege einschlagen, wobei sie beim Durchheilen des zweiten Weges einem anderen Zwischenfrequenzverstärker 70 und dann der Begrenzer- und automatischen Verstärkungsregelung-Demodulatorstufe 72 zugeführt werden. Von letzterer gelangen sie in einen automatischen frequenzgesteuerten Kreis 74, z. B. einen Foster-Secley-Diskriminator, der die Frequenz des Schwebungsoszillators während des Prüfungsvorganges der Radarfrequenz einem Vergleich unterwirft, vorausgesetzt natürlich, daß Radarsignale auf kontinuierliche Weise empfangen werden. Um festzustellen, ob der Kreis 74 abgestimmt ist, ist ein Abstimmungsmeter 76 vorgesehen. Arbeitet der Kreis 74 mit der vorgeschriebenen 40-Megahertzfrequenz, dann wird natürlich keine Ausgangsgröße aus diesem Kreise abgegeben. Liegt jedoch die Frequenz über oder unter diesem Wert, dann wird eine Gleichspannung von der entsprechenden Polarität abgegeben, deren Größe von der Abweichung gegenüber den gewünschten 40 Megahertz abhängt. Im vorliegenden Fall wurde am Schwebungs-

oszillator eine Frequenz von 40 Megahertz über der Radarfrequenz, die dann auftreten kann, gewählt, und zwar auf Grund von praktischen Überlegungen.

Der grundsätzliche oder vornehmliche Zweck der automatischen Klystron-Abstimmungsschaltung besteht darin, ein 2K25-Reflexklystron oder auch ein ähnliches Klystron auf der Spitze seiner  $A$ -Leistung und mit einer Frequenz arbeiten zu lassen, die sich in der Mitte der elektronischen linearen Frequenzsteuercharakteristik für diese Röhre befindet, wo die Null- oder Bezugsteuerfrequenz durch die Betriebsbedingungen für den Kreis vorgeschrieben ist. In Fig. 2 ist die Klystronröhre mit 78 bezeichnet. Der zweite Zweck der Abstimmungsschaltung besteht darin, dem Operateur zu ermöglichen, das Klystron 78 auf eine Mittelfrequenz abzustimmen, die von der Frequenz des zu prüfenden Radargerätes um den Betrag der Zwischenfrequenz verschoben ist.

Die nachstehend beschriebene Reflexklystron-Abstimmungsschaltung wurde entworfen, um dem Klystron 78 eine Reflektorspannung aufzuerlegen, die für eine gegebene mechanische Abstimmung eine maximale Ausgangsleistung erzeugt, wie schon oben angeführt bei der Bezugnahme auf die dominierende Betriebsweise. Die nachstehend beschriebene Anordnung ermöglicht es, das Klystron über seinen ganzen mechanischen Abstimmungsbereich abzustimmen, ohne daß, wie es gewöhnlich erforderlich ist, die Reflektorspannung für jede mechanische Einstellung von Hand justiert werden muß.

Fig. 3—5 erleichtern das Verständnis für die Art und Weise der Klystron-Abstimmung. Fig. 3 zeigt einen Teil der Ausgangsleistung aufgetragen in bezug auf die Reflektorspannungscharakteristiken für ein Reflexklystron, und die diese Beziehung darstellenden Kurven sind mit 80a—80c bezeichnet. Aus Fig. 3 geht hervor, daß eine Reflektorspannung vom Werte  $V_1$  einen maximalen Leistungsausgang ergibt, wenn das Klystron mechanisch auf eine Einstellung  $a$  abgestimmt ist, während eine Reflektorspannung  $V_2$  erforderlich ist, um eine maximale Leistung bei einer Einstellung  $b$  zu erhalten. Das Klystron schwingt in der Stellung  $b$  nicht bei der Reflektorspannung  $V_1$ . Wird also das Klystron mechanisch über seinen ganzen Frequenzbereich abgestimmt, so muß die Reflektorspannung auf besondere Weise verändert werden, damit man sicher ist, daß immer ein maximaler Leistungsausgang erhalten wird.

In Fig. 4 ist der Klystron-Leistungsausgang als eine Funktion der Reflektorspannung für eine spezielle mechanische Abstimmung aufgezeichnet und diese Kurve ist mit 82 bezeichnet. Wird der Reflektorspannung aus einer Wechselstromquelle 89 durch Schließen eines Schalters 110 eine kleine Sinusspannung auferlegt, so enthält der Leistungsausgang natürlich eine Modulationskomponente, wie durch die entstehenden Kurven 84a, 86a und 88a dargestellt ist. Diese Leistungsmodulation befindet sich in Phase mit dem Reflektormoduliersignal  $V_r$ , wenn  $V_r$  größer ist



als  $V_o$ , und in entgegengesetzter Phase, wenn  $V_r$  kleiner ist als  $V_o$ .

Hat die durchschnittliche Reflektorspannung den Wert  $V_o$ , so wiederholt sich die Leistungsmodulationskomponente jede halbe Periode der Reflektormodulationsspannung. Dieser Wert bringt keine Ausgangsleistung aus dem Phasenvergleichskreis hervor, der weiter unten erwähnt ist, und wird als null angesehen. Die Leistungsmodulationskomponente kann daher als ein Fehlersignal in einer Servoschleife verwendet werden, die so konstruiert sein soll, daß die Reflektorspannung bei der Annäherung an den Wert  $V_o$  verändert wird. Dies ergibt dann eine maximale Leistung.

Für die Beschreibung der dabei auftretenden Vorgänge sei auf Fig. 2 und 5 verwiesen. Angenommen, es sei eine anfängliche mechanische Klystron-Abstimmung  $a$  und eine Reflektorspannung  $V_r$  erhalten worden, wie von der Kurve 90 angegeben. Dann ist die Ausgangsleistung ein Maximum und ihre Frequenzkomponente null. Wird nun das Klystron 78 mit seiner schematisch angedeuteten, mechanischen Verstellung 92 auf die mechanische Einstellung  $b$  abgestimmt, so wird seine Leistungsabgabe in bezug auf seine Reflektorspannung horizontal verschoben, wie in Fig. 5 durch die gestrichelte Kurve 90a angegeben. Jetzt wird ein Fehlersignal erzeugt durch die Modulation in der Leistungsabgabe, die gegenüber der Reflektormodulationsspannung von entgegengesetzter Phase ist. Das überlagerte Wechselspannungssignal ist mit 94, 96 bezeichnet, wobei durch Vergleich der entstehenden Kurven 94 und 96a die Außerphasebeziehung leicht erkennbar ist.

Da der abgeglichene Modulator 48 vom Klystron 78 Leistung erhält, so kann ihm ein Muster dieser Leistung entnommen und zuerst einem Verstärker 98 zugeführt werden. Dieses Signal ist in Fig. 5 aufgezeichnet und mit 96a bezeichnet. Aus dem Verstärker 98 gelangt das Signal in einen Phasenvergleichskreis 100. Ist dann keine Phasendifferenz vorhanden, so wird keine Abgabe aus dem Kreis 100 erzeugt.

Nach seiner Verstärkung und nach dem Phasenvergleich wird das Signal einem Servomotor 102 zugeführt. Die Drehrichtung des letzteren hängt von der Phase des aus dem Phasenvergleichskreis 100 austretenden Fehlersignals ab, wobei die eine Drehrichtung eingeschlagen wird, wenn die Signale im entgegengesetzten Sinn außer Phase sind. Der Servomotor 102 steht im Eingriff mit einem Potentiometer 104, dem aus einer Quelle 106 eine Gleichspannung aufgedrückt und dessen Abgang durch eine Isolationsstufe 108 zum Reflektor des Klystrons 78 geführt wird, zusammen mit dem Reflektormodulationssignal, das zu diesem Zeitpunkt immer noch gegenwärtig ist, da es noch nicht weggenommen wurde. Für die spezielle Änderung in der mechanischen Klystron-Abstimmung von  $a$  nach  $b$  (Fig. 5) rotiert der Servomotor in dem Sinne, daß die Reflektorspan-

nung steigt und sich einem Wert  $V'_o$  nähert, bei dem die Leistung ein Maximum ist und das Fehlersignal auf Null zurückgeht.

Da die Reflektorspannung von einem durch einen Servomotor angetriebenen Potentiometer abgeleitet ist, erlaubt die gewünschte Klystron Ausgangsfrequenz, wenn diese einmal mittels mechanischer Abstimmung erreicht worden ist, das Entfernen des Reflektorspannungs-Modulationssignals. Die optimale Reflektorspannung wird jedoch beibehalten. Dies wird erzielt durch Öffnen des vorher geschlossenen Schalters 110.

Es ist das Klystron 78, das die Frequenz des Schwebungsoszillators erzeugt, die sowohl dem abgeglichenen Mischer 26 wie auch dem abgeglichenen Modulator 48 zugeführt wird. Der soeben beschriebene Abstimmkreis ermöglicht ein Abstimmen des Klystrons 78 über einen sehr breiten Frequenzbereich, nämlich von 8900—9850 Megahertz. Es sei erwähnt, daß die Zwischenfrequenz ursprünglich erhalten wird durch Abstimmen des Klystrons 78 mittels seiner mechanischen Abstimmeneinstellung 92, wobei der automatische frequenzgesteuerte Kreis 74 durch Öffnen eines Schalters 112 ausgeschaltet ist. Ist dieser Frequenzzustand erreicht, so wird die Klystronfrequenz reduziert, wobei die Zwischenfrequenzdifferenz gegenüber der Radarfrequenz dadurch angezeigt wird, daß der Abstimmungsmeter zuerst einen Ausschlag von der einen und dann einen solchen von der entgegengesetzten Polarität angibt. Diese Ausschläge werden bestimmt durch die Kennlinienform des Frequenzdiskriminators im automatischen frequenzgesteuerten Kreis. Eine Einstellung auf Null zwischen diesen Ausschlägen zeigt, daß die richtige Frequenz erreicht worden ist. Wird dagegen die Frequenz noch weiter reduziert, so wird eine Folge von zwei Ausschlägen erhalten, deren Polarität derjenigen der beiden ersten Ausschläge entgegengesetzt ist. Dies bedeutet nun, daß die Klystronfrequenz 40 Megahertz unter der Radarfrequenz liegt. Die automatische Frequenzsteuerung kann das Klystron nicht auf dieser Frequenz halten, da die Steuerkurve der erforderlichen Steuerkurve entgegengesetzt verläuft, und daraus ergibt sich ein Zustand von Frequenzinstabilität. Durch Einhalten einer richtigen Ausschlagsfolge kann das Abstimmen für die richtige automatische Frequenzfolge gewährleistet werden. Darnach wird das Modulationssignal durch Öffnen des Schalters 110 von der Klystronreflektorspannung weggenommen und die Zwischenfrequenz wird dann elektronisch durch das Mittel der automatischen Frequenzsteuerung durch Schließen des Schalters 112 aufrecht erhalten.

Durch Verwenden eines Rückstellkreises 114 kann dem Klystron 78 vor der oben erwähnten mechanischen Abstimmung eine Reflektorspannung aufgelegt werden, woraus sich die richtige Klystron-schwingungsweise ergibt. Ist das Klystron 78 mechanisch auf seine höchste Frequenzschwingung abgestimmt, so wird die Reflektorspannung vom Potentio-

meter 104 automatisch auf einen Wert gebracht, der etwas größer ist als für das Schwingen erforderlich. Dann wird die Reflektorspannung abgebaut, bis Schwingen erhalten wird. Ein im Rückstellkreis angeordneter Detektor zeigt den Schwingungsbeginn an und schaltet dann den Rückstellkreis aus, wonach der Abstimmkreis sich in normaler Tätigkeit befindet.

Der Abgang vom Klystron 78 wird einem veränderlichen Dämpfer 116 und dessen Abgang einem Richtkoppler 118 zugeführt. Letzterer überträgt die Leistung an den abgeglichenen Mischer 26 und den abgeglichenen Modulator 48. In dieser Beziehung sei daran erinnert, daß in einem früheren Teil der Beschreibung erwähnt wurde, daß in der Schaltung zum Beliefen des abgeglichenen Mixers 26 ein automatischer, frequenzgesteuerter Schwebungsoszillator enthalten sei, und in einem nachfolgenden Teil der Beschreibung erwähnt wurde, daß dieser Oszillator auch Leistung an den abgeglichenen Modulator 48 abgebe. Es ist jetzt offensichtlich, daß diese Oszillatorvorrichtung aus dem Klystron 78 besteht, zusammen mit seiner zugeordneten Schaltung.

In der nachfolgenden Beschreibung einer typischen Betriebsfolge der Radarprüfeinrichtung 10 wird angenommen, daß das Klystron 78 gemäß dem oben skizzierten Vorgehen in Tätigkeit gesetzt worden ist und dieser Schwebungsoszillator einen modulierten Trägerwellenabgang abgibt, der die Radarfrequenz plus 40 Megahertz aufweist. Ein kurzer Rückblick auf die beim Abstimmen des Oszillators unternommenen Schritte wird jedoch hier von Nutzen sein:

1. Die mechanische Abstimmung wird für die höchste erhältliche Frequenz eingestellt, wobei der automatische frequenzgesteuerte Kreis 74 durch Öffnen des Schalters 112 ausgeschaltet und aus der Quelle 89 eine Modulationsspannung von 400 Hertz an den Klystronreflektor gelegt wird.

2. Der Rückstellkreis 114 treibt das Potentiometer so, daß eine maximale negative Spannung an den Klystronreflektor gelegt wird.

3. Ein Grenzscharter kehrt den Potentiometerantrieb um, so daß die Reflektorspannung sich von einer hohen (negativen) Seite abwärts dem zum Betrieb des Klystrons in seiner dominierenden Weise erforderlichen Wert nähert.

4. Beim Erreichen dieses Wertes und wenn das Klystron zu schwingen beginnt, wird der Rückstellkreis 114 ausgeschaltet, und der automatische Abstimmkreis treibt das Potentiometer so, daß das Klystron 78 in der Mitte seines Leistungsmodus betrieben wird.

5. Der Operateur verschiebt dann die Frequenz des dominierenden Modus abwärts durch manuelles mechanisches Abstimmen unter Verwendung der Verstellvorrichtung 92, bis der die automatische frequenzgesteuerte Diskriminatorspannung anzeigende Abstimmungsmeter 76 zeigt, daß eine Frequenz von 40 Megahertz über der Radarfrequenz erreicht worden ist, wobei die automatischen Abstimmkreise während dieser mechanischen Abstimmung

eine maximale Abgabe beim dominierenden Modus aufrechterhalten.

6. Der Kreis 74 wird dann durch Schließen des Schalters 112 eingeschaltet, und die Modulationsspannung von 400 Hertz von der Quelle 89, die die automatische Abstimm-Servoschleife betätigt, durch Öffnen des Schalters 110 ausgeschaltet.

Durch Überlagern der Frequenz des Schwebungsoszillators in der bekannten Art, so daß eine Schwebung entsteht, wird der oben erwähnte Zwischenfrequenzimpuls von 40 Megahertz erhalten.

Da die Größe der von der Radaranlage 16 empfangenen, übertragenen Radarleistung bestimmt werden soll, müssen die zum Ausführen dieser Messung benützten Mittel erläutert werden. Demgemäß kann an diesem Punkt ausgesagt werden, daß der Amplitudenvergleichskreis 36 dabei eine große Rolle spielt, denn der Detektor 34 sendet einen Impuls aus, dessen Größe dem über die Antenne 22 und den festen Dämpfer 24 in die Prüfeinrichtung 10 eingeführten empfangenen Radarimpuls proportional ist. Ist dieser aus dem Detektor 34 kommende Impuls genügend groß, so ist er größer als die von der Quelle 38 eingeführte Bezugsspannung und läßt den Amplitudenvergleichskreis 36 durch Rückkopplung einen großen Ausgangsimpuls abgeben, wenn — und nur wenn — die Amplitude des Impulses vom Detektor 34 die von der Gleichspannungsquelle 38 gelieferte Spannung übersteigt.

Der Ausgangsimpuls aus dem Amplitudenvergleichskreis könnte direkt in das Thyatron 44 abgegeben werden. Da aber andere Ziele verfolgt werden, geht die Impulswirkung über den Verzögerungskreis 40 und den Sperroszillator 42. Jedenfalls wird die Thyatronröhre 44 durch einen aus dem Kreis 36 kommenden Impuls gezündet, und dabei zeigt die Erregung der Lampe 45 an, daß ein Impuls abgegeben worden ist.

Beim Verwerten der Anzeigelampe 45 zum Bestimmen des Betrages der empfangenen Radarleistung wird die vom Dämpfer 30 eingeführte Dämpfung vergrößert, bis das Licht 45 auslöscht, und dann wieder langsam erniedrigt, bis das Licht gerade wieder aufleuchtet. Diese Schwelle, bei der das Licht gerade wieder erscheint, zeigt an, daß der Detektorausgangsimpuls eine Größe gleich der Bezugsspannung aufweist. Zuzufolge der Tatsache, daß der Dämpfer 30 nicht nur veränderlich, sondern geeicht ist, ist die Zwischenfrequenzverstärkung konstant und bekannt. Da alle anderen Dämpfungen fest und bekannt sind, liefert die geeichte Ablesung dieses Dämpfers 30 ein genaues Maß für die empfangene, durch den Radar übertragene Leistung. Obschon nun die Vorkehrung dieser Messung natürlich von der Stabilität der Zwischenfrequenzverstärker 28 und 32, den Dämpfern 24 und 30, der bei 38 gelieferten Bezugsspannung sowie vom Mischer 26 abhängt, so sind doch diese Faktoren gut unter der Kontrolle einer guten Konstruktionspraxis, und daraus ergibt sich also kein spezielles Problem.



Was nun die Prüfung der Zielweite der zu prüfenden Radaranlage betrifft, so wird dies ohne weiteres ausgeführt durch Verstellen des Geschwindigkeitswandlers 64, so daß das Potentiometer 58 eine besondere Vorspannung für den elektronischen Verzögerungskreis 40 einführt. Der Anzeiger 68 gibt natürlich den besondern, der Verzögerung des Kreises 40 entsprechenden Bereich an, der aber natürlich in Distanz umgewandelt ist. Zum Einstellen des Anzeigers 68 wird das Potentiometer 58 über den Geschwindigkeitswandler 64 vom Motor 62 mit konstanter Geschwindigkeit angetrieben, bis der gewünschte Bereich auf dem Anzeiger 68 registriert und der Wandler 64 vom Potentiometer 58 ausgekuppelt wird. Da eine Verzögerung von einer Mikrosekunde einer Distanz von etwa 150 m entspricht, erkennt man ohne weiteres, daß das Verzögerungsintervall in Distanz verwandelt werden kann, wie das beim Eichchen des Anzeigers 68 ausgeführt wird.

Zufolge der Tatsache, daß die Prüfeinrichtung 10 auch dazu benützt wird, festzustellen, ob der der Radaranlage 16 zugeordnete Berechnungsmechanismus richtig funktioniert, besteht ein Bedürfnis nach einem Ändern des Bereiches, um eine Anzeige zu erhalten, ob der Radarberechnungsmechanismus richtig funktioniert. Dies wird bewerkstelligt durch Verstellen der Zielgeschwindigkeitseinstellung bei 66, so daß eine spezielle Bewegungsgeschwindigkeit des Abgreiferarmes des Potentiometers 58 erhalten wird. Durch gleichmäßiges Steuern der Änderung in der vom Potentiometer 58 erzeugten Vorspannung wird die im Kreis 40 einverlebte Verzögerung geändert. Eine solche Änderung der Verzögerungsgeschwindigkeit simuliert die Änderung des Zielbereiches und stellt damit die tatsächliche Bewegung des Ziels bei einer gesteuerten oder gleichförmigen Geschwindigkeit dar.

Weiter ist die Radarprüfeinrichtung 10 imstande, die Empfangsempfindlichkeit der zu prüfenden Radaranlage 16 zu messen, und dieses spezielle Merkmal, wenigstens was seine Operation betrifft, wird nun erläutert werden. Wie schon erwähnt, sendet der Verzögerungskreis 40 einen Impuls aus nach Ablauf einer vorbestimmten Zeit nach Erhalt eines Impulses aus dem Amplitudenvergleichskreis 36. Dieser Impuls wirkt auf den Sperroszillator 42 ein, und der Ausgangsimpuls des letzteren wird auch, wie bereits erwähnt, zum Zünden der Thyatronröhre 44 verwendet. Derselbe Ausgangsimpuls, der eine vorbestimmte Breite, nämlich entsprechend einer Mikrosekunde, aufweist, wird dem Oszillator 46 zugeführt, der einen an den abgeglichenen Modulator 48 abzugebenden 40-Megahertzimpuls erzeugt. Der Modulator 48 dient zum Kombinieren des 40-Megahertzimpulses vom Oszillator 46 mit dem lokalen, vom Reflexklystron 78 erzeugten Oszillatorsignal. Es ist nun diese modulierte, vom abgeglichenen Modulator kommende Welle, die an die Übertragungsantenne 56 abgegeben wird zwecks Bildens eines an die Radaranlage 16 zu sendenden Radarsignals.

Die Prüfeinrichtung ist jedoch auch imstande, die Größe der so übertragenen Leistung zu messen. Zu diesem Zweck ist zu beachten, daß der Ausgang aus dem abgeglichenen Modulator hauptsächlich aus den beiden Seitenbändern des lokalen Oszillators besteht, die von der 40-Megahertz-Modulation erzeugt wurden. Das untere Seitenband befindet sich auf der Radarfrequenz und ist das einzige, tatsächlich von der Radaranlage 16 empfangene Signal. Der Ausgang aus dem abgeglichenen Modulator 48 weist aber auch Leistung auf von einer Frequenz 40 Megahertz über der Radarfrequenz, sowie Leistung von 80 Megahertz über der Radarfrequenz.

Beim Messen der Empfängerempfindlichkeit, die jetzt zur Diskussion steht, wird der veränderliche Dämpfer 116 justiert, bis der Kristall-Monitormikroamperemeter 50 eine Stromablesung von einem vorgeschriebenen Wert zeigt. Dadurch wird die Modulator-Seitenbandausgangsleistung auf einen bekannten spezifischen Wert eingestellt.

Nach dem Justieren des Mikroamperemeters 50, wie oben skizziert, wird der veränderliche Dämpfer 52 langsam erhöht, bis die in den Kreis eingeführte Dämpfung ausreicht, daß die Radaranlage 16 das ausgesandte Signal nicht mehr unterscheiden kann. Etwas anders ausgedrückt: der veränderliche Dämpfer 52 ist durch seine Einstellung dafür verantwortlich, daß die Radarempfangsanlage 16 das Signal «verliert». Da der veränderliche Dämpfer 52 geeicht ist und andere Dämpfungen zwischen ihm und der Radaranlage 16 zur Hauptsache bekannt und konstant sind, so wird die Empfindlichkeit des vom Radar empfangenen Signals nur durch die Ablesung des Dämpfers 52 bestimmt.

Aus dem in der vorgehenden Betriebsfolge erläuterten Verfahren geht die Einfachheit des Betriebes der Radarprüfeinrichtung nach der Erfindung klar hervor. Führt die Radarempfangsanlage 16 irgendeinen der oben aufgezählten Schritte nicht aus, dann wird natürlich die spezielle Störung weiter eingengt, und es kann ein weiteres Prüfen der Komponenten der Radaranlage unternommen werden. Der hier zu unterstreichende Vorteil besteht jedoch darin, daß das Flugzeug oder andere Fahrzeug, auf dem die Radaranlage montiert ist, durch keine detaillierte Untersuchung der Betriebsbereitschaft der verschiedenen Komponenten der Radaranlage verspätet oder vom Ausführen seiner aktiven Tätigkeit abgehalten wird. Besteht die Radarempfangsanlage die allgemeine, durch die vorliegende Apparatur ermöglichte Prüfung, dann kann natürlich das Fahrzeug, auf dem sie montiert ist, sofort freigegeben, und seine Wartezeit sehr stark vermindert werden.

#### PATENTANSPRUCH

Radarprüfeinrichtung, bestehend aus einer Empfänger- und Senderkombination, die als Relaisstation arbeitet und eine einstellbare Pulsverzögerung ermöglicht, um eine scheinbare Meßdistanz zu erzeugen,

gekennzeichnet durch Mittel (24—34, 36), um von empfangenen Radarpulsen ein Signal abzuleiten, das deren Spitzenwert proportional ist, und das gewonnene Signal mit einem festen Bezugssignal in solcher Weise zu vergleichen, daß nur dann ein Ausgangssignal erzeugt wird, wenn die empfangenen Pulse mit ihren Spitzenwerten eine vorbestimmte Größe überschreiten, und durch Mittel (40), um nach der gewollten Zeitverzögerung von dem Ausgangssignal einen Übertragungspuls von vorbestimmtem festem Wert abzuleiten.

### UNTERANSPRÜCHE

1. Radarprüfeinrichtung nach Patentanspruch, gekennzeichnet durch die folgenden Mittel für die Erzeugung des abgeleiteten Signals: festeingestellte Dämpfungsmittel (24) für Radarfrequenz zum Verhüten der Interferenz der angeschlossenen Schaltung, einen Schwebungsoszillator mit automatischer Frequenzregulierung, einen mit den Dämpfungsmitteln und dem Schwebungsoszillator gekoppelten Mischkreis (26) für die Erzeugung der Zwischenfrequenz für einen Zwischenfrequenzverstärker (28), eine einstellbare geeichte Dämpfungsvorrichtung (30) zum Dämpfen der Zwischenfrequenzpulse auf einen Wert, der dem Wert eines festen Bezugssignals entspricht, und einen Detektor (34) für die Erzeugung von Impulsen.

2. Radarprüfeinrichtung nach Unteranspruch 1, gekennzeichnet durch einen Sperroszillator (42) für die Erzeugung eines Pulses von konstanter, gleichbleibender Dauer nach Empfang eines Pulses aus dem Verzögerungskreis.

3. Radarprüfeinrichtung nach Unteranspruch 1, gekennzeichnet durch einen pulserregten Zwischenfrequenzoszillator (46), der von dem Sperroszillator gesteuert wird, und einen Modulator (48), der mit dem Oszillator und einem Schwebungsoszillator (78) verbunden ist und die zu übertragenden Pulse in Radarfrequenz erzeugt.

4. Radarprüfeinrichtung nach Unteranspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenfrequenzoszillator (46) auf die Frequenz des Zwischenfrequenzabschnittes des Eingangskreises eingestellt ist und zusätzlich als Modulator des Eingangskreises benutzt wird und daß mit dem Modulator einerseits über eine einstellbare Dämpfungsvorrichtung (52), die dazu dient, die Empfangsempfindlichkeit des Radargerätes zu bestimmen, eine Sendeantenne (56) und andererseits ein Amperemeter (50) verbunden ist, um die hochfrequente Ausgangsgröße zu steuern.

5. Radarprüfeinrichtung nach Unteranspruch 4, gekennzeichnet durch einen Ferritisolator (54), der zwischen der Dämpfungsvorrichtung und der Sendeantenne angeordnet ist.

6. Radarprüfeinrichtung nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Verzögerungsschaltung (40) Mittel (64) für kontinuierliche Veränderung der Verzögerung im Sinne der Nachbildung einer beliebigen Zielbewegungsgeschwindigkeit aufweist.

7. Radarprüfeinrichtung nach Unteranspruch 6, gekennzeichnet durch eine Röhrenverzögerungsanordnung (40) als Verzögerungsschaltung, wobei die Verzögerung durch Ändern der Vorspannung (58) geregelt werden kann.

8. Radarprüfeinrichtung nach Unteranspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel (58) zum Verändern der Vorspannung ein Potentiometer (58) und einen Antriebsmechanismus (62, 64) umfassen, um das Potentiometer entsprechend der nachzubildenden Geschwindigkeit fortlaufend zu verstellen.

9. Radarprüfeinrichtung nach Unteranspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwebungsoszillator (78) ein Hohlraumresonator ist, der über eine veränderliche Dämpfungsvorrichtung (116) in Schwingungen erregt wird, und daß ein entkoppelter Richtungskoppler (118) mit dem Mischer (26) und dem Modulator (48) verbunden ist.

10. Radarprüfeinrichtung nach Unteranspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlraumresonator (78) ein Teil eines Reflexklystrons ist.

11. Radarprüfeinrichtung nach Unteranspruch 10, gekennzeichnet durch eine Schaltung (104, 102), um die Reflektorspannung für das Klystron so einzustellen, daß für eine gegebene mechanische Abstimmung die Leistungsabgabe ein Maximum ist, Schaltmittel (110), um die Schaltung abzuschalten, nachdem die größte Leistungsabgabe erreicht ist, automatische Frequenzregulierungsmittel (74), um die Frequenz des Klystrons zu regulieren, und Schaltmittel (112), um die automatischen Frequenzregulierungsmittel einzuschalten.

12. Radarprüfeinrichtung nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß eine Anzeigevorrichtung für das durch Vergleiche mit dem festen Bezugssignal gebildete Startsignal vorgesehen ist und eine Gasentladungsröhre (44) für die Pulsstreckung und eine von der Röhre gespeiste Anzeigelampe (45) umfaßt.

13. Radarprüfeinrichtung nach Unteranspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die ganze Schaltung so gewählt ist, daß die Einstellung der Standarddämpfungsvorrichtung (30) für Zwischenfrequenzpulse eine Angabe der über die Antenne (22) erhaltenen Leistung ergibt, wenn die Anzeigevorrichtung gerade nur aufleuchtet.

14. Radarprüfeinrichtung nach Unteranspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Gasentladungsröhre (44) der Anzeigevorrichtung in Form einer Thyatronröhre (44) mit dem Sperroszillator (42) für die Pulsformung gekoppelt ist.

15. Radarprüfeinrichtung nach Patentanspruch, mit einem als Modulator dienenden Reflexklystron, gekennzeichnet durch eine Quelle (106) für die Gleichstromreflektorspannung für das Klystron, eine Quelle (89) für eine kleine Wechselstromprüfspannung für die Überlagerung mit der Gleichstromreflektorspannung, Mittel (160) für das Vergleichen

355485

8

der Phasenbeziehung zwischen der Wechselstromspannung und der entsprechenden Wechselstromkomponente an der Ausgangsseite des Klystrons, einen Servomotor (102), der auf die Phasenvergleichsmittel anspricht, die die Drehrichtung des Servomotors be-

stimmen, und Mittel (104), die von dem Servomotor betätigt werden und die Reflektorspannung bestimmen.

General Mills, Inc.

Vertreter: A. Braun, Basel



FIG. 1

FIG. 1 is a schematic diagram of a remote-controlled aircraft system. A person (10) stands on a ground surface (12), operating a control unit (14) connected to a remote control unit (16) on the aircraft. The aircraft is shown in profile, with the remote control unit (16) and a power source (20) visible. A cable (18) connects the ground unit to the aircraft. A pair of pliers (22) is shown cutting the cable (18) at a point (56).

FIG. 4

82

84

86

88

86a

84a

88a

$V_R = V_0$

$V_R < V_0$

$V_R > V_0$

SS

$t_0$

$V_R + E_m \sin \omega_m t$

$V_0 + E_m \sin \omega_m t$

$V_R + E_m \sin \omega_m t$

90

SS

